

DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ DE FRUTOS APLICANDO LA TRANSFORMADA WAVELET

Sosa López, Arturo Abraham (1), Trejo Durán, Mónica (2), Cabal Yépez Eduardo (3)

1 [Licenciatura en Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [aa.sosalopez@ugto.mx]

2 [Departamento de Estudios Multidisciplinarios, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [mtrejo@ugto.mx]

3 [Departamento de Estudios Multidisciplinarios, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [educabal@ugto.mx]

Resumen

La búsqueda de métodos no destructivos para la determinación de la madurez de la fruta tiene el objetivo de reducir tiempos de análisis, evitar utilizar distintos equipos costosos y evitar la generación de desperdicios. Por ello, se ha recurrido al análisis de imágenes con la finalidad de encontrar un método no destructivo que sea eficiente y rápido. Sin embargo, hasta ahora, el procesamiento previo de imágenes antes de ser analizadas no se había trabajado de manera tan extensa. En esta investigación, se aplicó una transformada wavelet tipo Haar con la intención de realizar un análisis de texturas, a diferencia de la mayoría de los análisis que se basan en un promedio de color de la imagen. Además se analizaron distintos parámetros estadísticos. Dentro de los resultados, se aprecia que sí es posible utilizar una transformada wavelet tipo Haar y que los coeficientes horizontales son los más útiles para la determinación de madurez de las *Prunus africana*. Este método es capaz de clasificar en general con un 70% de eficiencia aproximado utilizando únicamente el promedio de los coeficientes horizontales azules, aunque puede detectar ciruelas fuera de su estado óptimo de madurez con aproximadamente un 90% de eficiencia.

Abstract

The search for nondestructive methods of determining the ripeness of fruit expects to be able to reduce the time of analysis, while avoiding the use of different expensive equipment and the generation of waste. Thus, the analysis of images has been investigated hoping to find a nondestructive method which is efficient and fast. However, until now, processing of images previous to the analysis has not been looked into so extensively. In this investigation, a Haar wavelet transform was applied to analyze textures, unlike most analysis which are based on the mean color of an image. In addition, different statistic parameters were analyzed. In the results, we can see that it is possible to use the Haar wavelet transform to determine fruit ripeness and that horizontal coefficients were the most useful to determine the maturity of *Prunus Africana*. This method is in general capable of classifying with an approximate efficiency of 70% using only the mean for blue horizontal coefficients, although it is able to detect non-optimally ripened fruits with an approximate 90% efficiency.

Palabras Clave

Haar; Ripeness; Ciruela africana; Wavelet; Textura

INTRODUCCIÓN

En la antigüedad la determinación de madurez de las frutas se lograba a través de una persona con experiencia en la cosecha de las frutas en cuestión. Posteriormente, se desarrollaron las técnicas destructivas que actualmente son aceptadas como las más eficientes. Algunos ejemplos de métodos destructivos son la medición de acidez y de la glucosa que se basan en un análisis químico de la fruta. Sin embargo, dichos métodos destructivos requieren de tipos especializados y costosos además de presentar el inconveniente de que requieren tiempo para efectuarse las mediciones [1].

Ahora se buscan métodos no destructivos que puedan proporcionar información respecto al estado de madurez de una fruta. Un ejemplo de estos nuevos métodos es el caso de un análisis de imagen tras la cual se obtiene un promedio de color de la cascara de sandía para obtener una aproximación de su madurez. En este método se reporta una eficiencia del 90% [2]. Sin embargo, después se comenzó a trabajar con el procesamiento digital de imágenes para un intento de determinar el tamaño, calidad y forma de unas cerezas. Se hace uso de la detección de bordes para obtener la información de la forma de la fruta y lograr así determinar las características de interés [3]. Más recientemente, se recurrió al procesamiento digital de imágenes para analizar la calidad de bananas y clasificarlas de acuerdo a la calidad obtenida [4].

A pesar de los avances recientes, no fue hasta hace un año que se propuso el análisis de texturas mediante las transformadas Wavelet en un intento para determinar la madurez de guayabas [5, 6]. En dichas investigaciones, se aplicaban las Wavelets Haar y Biortogonal buscando coeficientes que pudieran ofrecer información respecto a la madurez de las guayabas. Se analizaron también distintos parámetros estadísticos como la kurtosis desviación estándar, varianza, entropía y promedio. Los resultados obtenidos en [5] indicaban la posibilidad de obtener resultados favorables aplicando la Wavelet Haar.

En esta investigación se seguirá el mismo procedimiento con Ciruelas Africanas (*Prunus africana*) utilizando la wavelet Haar aprovechando

imágenes de 4 distintos grupos de ciruelas. Se espera que debido a las arrugas que se presentan en las ciruelas sobre maduras y al color distinto en las etapas de inmadura y madura, se puedan encontrar coeficientes que determinen la madurez de una ciruela de manera eficiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr la aplicación de la transformada wavelet Haar, se utilizó MATLAB 2011b (en una netbook MSI U130 con un procesador Intel Atom a 1.66GHz con 1Gb de memoria RAM), ya que cuenta con un toolbox de procesamiento de imágenes que facilita el proceso [7]. Se aprovecharon las funciones de dicho toolbox para reducir los tiempos de generación de código, así como utilizar un algoritmo estándar.

Para las imágenes, se utilizaron 4 distintos grupos de Ciruela Africana en distintas etapas de maduración para lograr que se obtuviera un promedio más general (ver imagen 1). Se les tomaba fotografía a cada fruta por separado cada día de tal modo que se obtuvieron un total de 220 imágenes. Cada imagen ocupa 3.5 Mb en promedio y mide 3648x2432 pixeles (ver imagen 2). Cabe mencionar que se descartaron frutas que se encontraban completamente descompuestas ya que no son necesarias para determinar la madurez de la *Prunus africana*.



Imagen 1: Foto del grupo 3 de las ciruelas utilizadas durante la investigación.

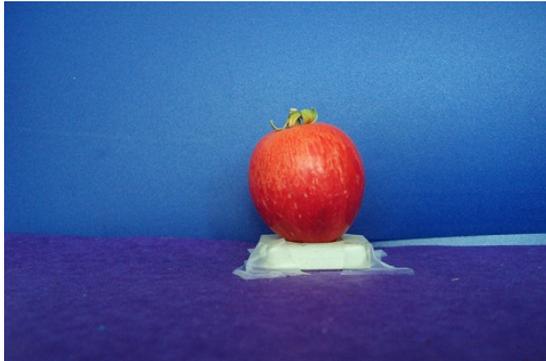


Imagen 2: Foto de una ciruela madura utilizada para las pruebas.

De cada imagen, se recortaba un segmento de 128x128 píxeles (ver imagen 3). El tamaño del recorte obtenido era de 128x128 píxeles, ya que para aplicar una transformada wavelet tipo Haar, se ocupa que la imagen a analizar tenga dimensiones cuadradas, y que la medida de cada lado sea una potencia de 2. Además, el recorte correspondía únicamente a una porción de la superficie de la fruta. Así, se omitía el fondo para evitar que se pudieran alterar los resultados.



Imagen 3: Un recorte obtenido de una ciruela a punto de madurar.

Una vez logrado el recorte, se aplicaban distintos niveles de la wavelet Haar, para realizar un análisis estadístico posterior. Estos análisis incluyeron calcular el promedio, entropía, varianza, kurtosis, y desviación estándar para cada uno de los coeficientes horizontal, vertical y diagonal obtenidos a partir de los distintos niveles de descomposición de las imágenes recortadas.

Por último, se buscaron los parámetros estadísticos, así como los coeficientes que aportaron la mayor información respecto al estado de madurez de la ciruela. Con estos, se hicieron pruebas con la intención de identificar el nivel de

eficiencia para el método de determinación del estado de madurez.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de la imagen 4, se logran apreciar los promedios de las imágenes que corresponden para cada día. Fueron los promedios utilizados para encontrar los parámetros óptimos para la determinación de la madurez de la ciruela africana.



Imagen 4: Imágenes promediadas de la fruta en distintos días.

En las imágenes 5, 6 y 7 se muestra que para los coeficientes horizontales (azules), se tienen valores más bajos que los demás día en cuanto al promedio rojo. Dado que se presenta esta disminución para los niveles 1, 2 y 3, se puede suponer que será constante esta caída, independientemente de las veces que se aplique la transformada wavelet tipo Haar.

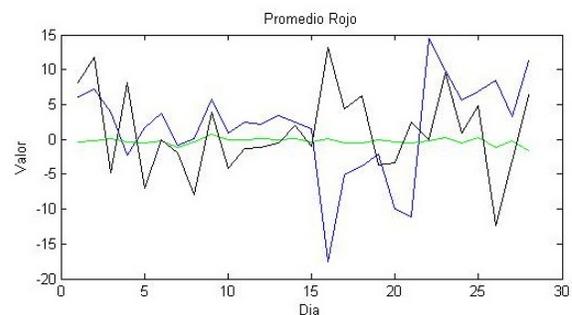


Imagen 5: Los coeficientes Horizontales (Azul), Verticales (Negro) y Diagonales (Verde) del promedio rojo tras la primera aplicación de la wavelet. Se grafican los datos de 28 días.

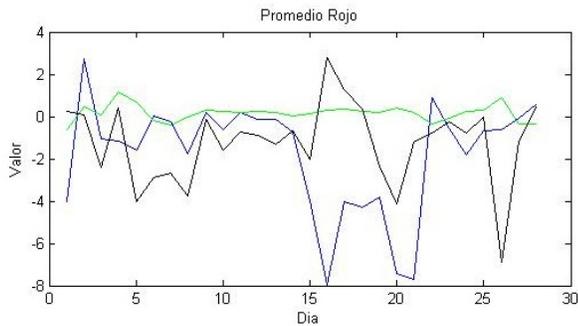


Imagen 6: Los coeficientes Horizontales (Azul), Verticales (Negro) y Diagonales (Verde) del promedio rojo tras la segunda aplicación de la wavelet. Se grafican los datos de 28 días.

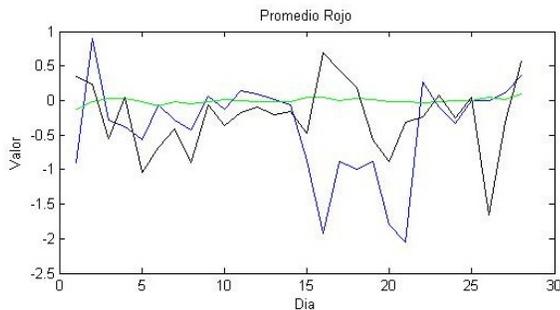


Imagen 7: Los coeficientes Horizontales (Azul), Verticales (Negro) y Diagonales (Verde) del promedio rojo tras la tercera aplicación de la wavelet. Se grafican los datos de 28 días.

Analizando los tres niveles de descomposición, se aprecia que el primer nivel, permite que haya buena diferencia entre los valores obtenidos en días inmaduros y los días maduros, aunado a que, por tratarse de una sola descomposición, requiere menor tiempo y recursos de procesamiento. Se puede suponer por lo tanto que sería la mejor opción para realizar un análisis de la fruta.

Los resultados informan lo siguiente: El valor de corte para el promedio rojo de coeficientes horizontales se fijó en -4 (nótese que a los valores RGB de 8 bits de la imagen se les restó 128 para fines de apreciación, permitiendo que existieran valores negativos).

En general, el método tuvo una eficiencia de alrededor del 70% utilizando únicamente el promedio de los coeficientes horizontales azules de la primera descomposición, aunque la eficiencia

incrementa a un 90% aproximadamente si debía clasificar fotos de ciruelas fuera del estado de madurez buscado. Le eficiencia del método probablemente puede atribuirse a que se utilizaron recortes de imagen de tan solo 128x128 pixeles y que algunas de las Prunus africana utilizadas maduraron a distintas velocidades. Además, el tamaño de las frutas utilizadas era diversos para obtener datos más robustos, por lo cual si se considera esto, el lado ligeramente más sombreado de la superficie de las Prunus africana pequeñas es más oscura y por ello puede influir en los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

Comparado con el 10% de error obtenido por Ahmad [2] en el cual se utilizó la mayor cantidad de superficie posible de un solo lado de la sandía. En este estudio se utiliza solo una parte cuadrada de la superficie y comparaciones numéricas simples en base a los resultados obtenidos por los coeficientes de la wavelet Haar, de acuerdo a los resultados obtenidos se asume que el estudio tiene potencial si se decide realizar con cerezas del mismo tamaño, misma tasa de maduración y con un recorte que implique mayores dimensiones (en pixeles) de la imagen; en lugar de utilizar 128x128 pixeles, utilizar 512x512 pixeles como en el estudio hecho por Sosa [5].

AGRADECIMIENTOS

Se le agradece a la Universidad de Guanajuato por la oportunidad y el apoyo para la realización de la investigación, junto con el Departamento de Estudios Multidisciplinarios, al Dr. Carlos Rodríguez Doñate por la asesoría que contribuyó a la obtención de los resultados.

REFERENCIAS

- [1] Magwaza, L. & Tesfay, S. Z. (2015). A Review of Destructive and Non-destructive Methods for Determining Avocado Fruit Maturity. Food and Bioprocess Technology 8(10), 1995-2011.
- [2] Syazwan Nasaruddin, A., Shah Baki, S. R. M., & Tahir, N. M. (2011). Watermelon Maturity Level Based on Rind Colour as Categorization Features. IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering Research., 545-550

- [3] Balestani, A. M., AhmadiMoghaddam, P., Molla, A. M., & Dolaty, H. (2012). Sorting and Grading of Cherries on the Basis of Ripeness, Size and Defects by using Image Processing Techniques. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*
- [4] Chaudhary, S. & Prajapati, B. (2014). Quality Analysis and Classification of Bananas Using Digital Image Processing. *International Journal of Computer Science and Engineering*, 3(4), 29-36.
- [5] Sosa López, A. A. & Trejo Durán, M. (2015). ANALISIS DE IMÁGENES DE GUAYABA APLICANDO LA TRANSFORMADA WAVELET TIPO HAAR. *Jóvenes en la Ciencia*, 1(2), 1476-1480.
- [6] Guzmán Cano, M. C. & Trejo Durán, M. (2015). Determinación del Estado de Madurez de Frutos Aplicando la Transformada Wavelet Tipo Bior 6.8. *Jóvenes en la Ciencia*, 1(2), 1813-1817.
- [7] González, R. C., Woods, R. E. & Eddins, S. L. (2009). Wavelets. En R. C. González (2 Ed.), *Digital Image Processing Using Matlab* (pp. 242-281). Texas: Gatesmark Publishing.